

puente sobre el valle del ELZ

Alemania Occidental

ULRICH FINSTERWALDER, Dr. ingeniero
HERBERT SCHAMBECK, Dipl. ingeniero

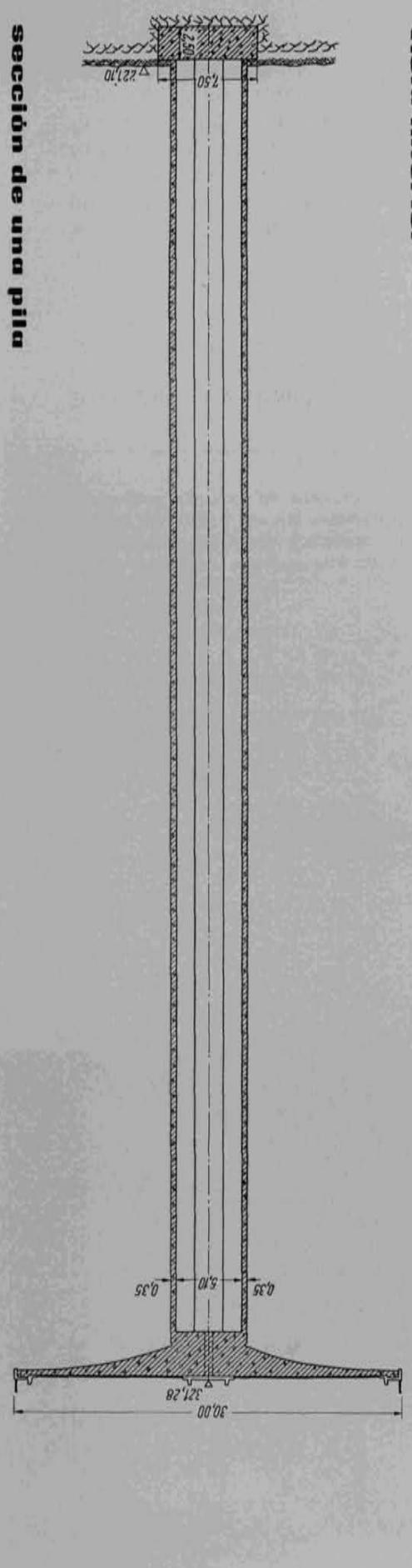
564 - 21

sinopsis

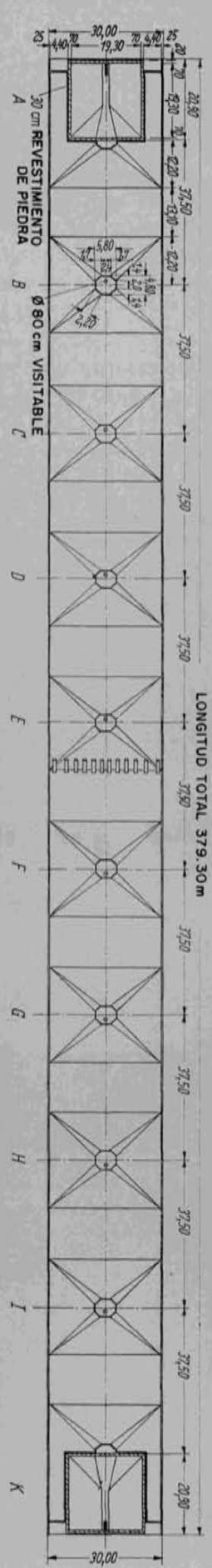
Está situado a unos 30 km al oeste de Coblenza y cruza un profundo valle. La obra tiene 380 m de longitud, 30 m de anchura y una sola fila de pilas octogonales, alguna de las cuales alcanza los 100 m de altura. Se ha construido por el sistema de avance en voladizo, explicándose en el artículo las características de proyecto, constructivas y estáticas.

Esta obra está situada a unos 30 km al oeste de Coblenza, sobre la autopista Montaubaur-Trèves, cuyo trazado impuso, con anterioridad, la construcción del puente Bendorf, sobre el río Rhin.

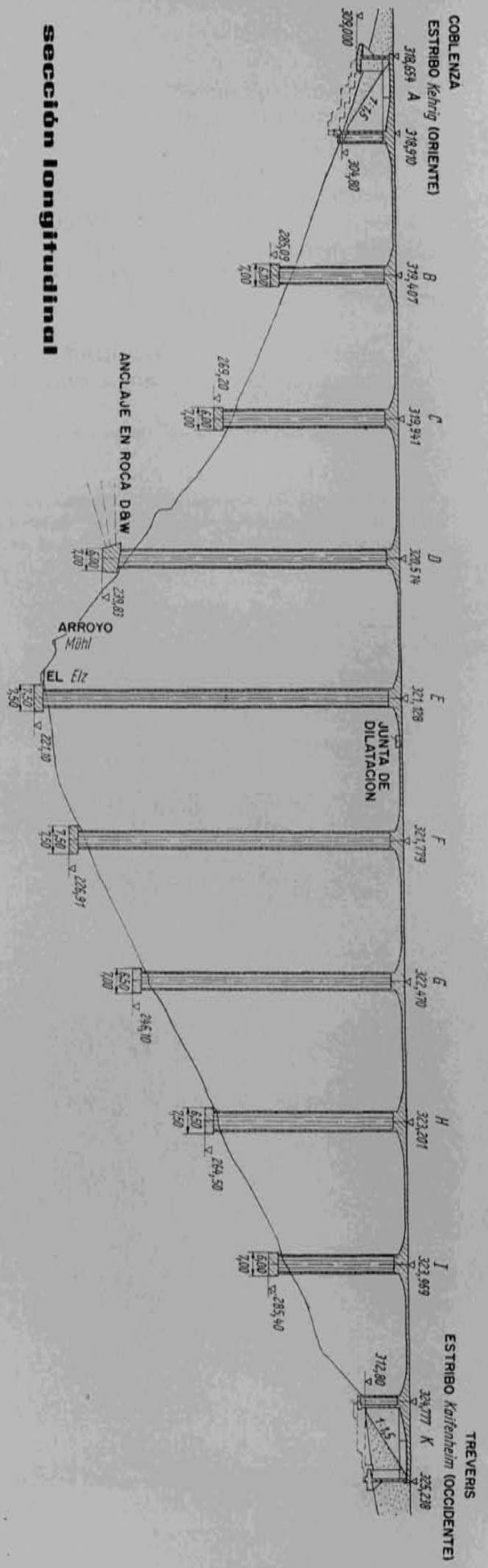
Previo un concurso convocado para la adjudicación de las obras, se adoptó la solución más económica que, en realidad, consiste en una variante del método caracterizado por la construcción de una fila única de pilas-hongo de hormigón armado, ancladas en los cimientos, sobre las cuales se apoya la losa de la calzada con doble voladizo (longitudinal y transversal), provista de una o dos juntas transversales, en cada tramo, cuya misión es la de compensar los movimientos debidos a variaciones de temperatura, de fluencia y de retracción. Los movimientos previsibles son tan pequeños que resulta posible dar a las citadas juntas una forma tal que permita verter el asfalto sin juntas de uno a otro extremo de la obra.



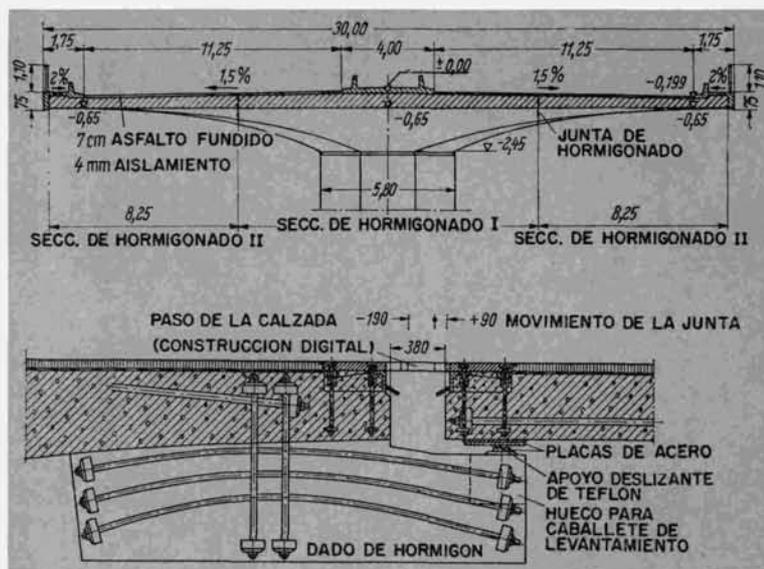
sección de una pila



sección longitudinal



**sección transversal
por el centro del tablero**



**sección longitudinal
por la junta de dilatación
en el tramo E-F**

Por este sistema se han construido ya varios puentes: los de la carretera elevada de Arlon, en Bélgica, y los puentes entre Matrei y Schoeneberg y los de Paschberg, en Austria, en la autopista Innsbrück-Brenner.

El sistema que estamos describiendo se ha concebido, esencialmente, para autopistas elevadas de gran circulación, en las proximidades de centros urbanos; si bien resulta igualmente interesante para franquear valles profundos, en especial cuando se requieren pilas de gran altura apoyadas sobre terrenos mediocres. La superestructura es de hormigón pretensado B 450 y se compone de 9 tramos, de 37,50 m de longitud cada uno, unidos, en sus extremos (primero y último), a dos estribos en cajón de 20,70 m de longitud. En cada tramo su espesor es constante, de 55 cm, a lo largo de 13 m de longitud y en el centro, creciendo hasta 2,45 m sobre el eje de los apoyos. Al intradós se le ha dado un perfil longitudinal que es el de una curva matemática simple, cuyas coordenadas reproducen aproximadamente los valores variables de los esfuerzos cortantes. En el sentido transversal, el borde inferior de la placa es horizontal, por lo cual su espesor decrece con la pendiente transversal, desde 65 cm en el centro, a 45 cm en los bordes.

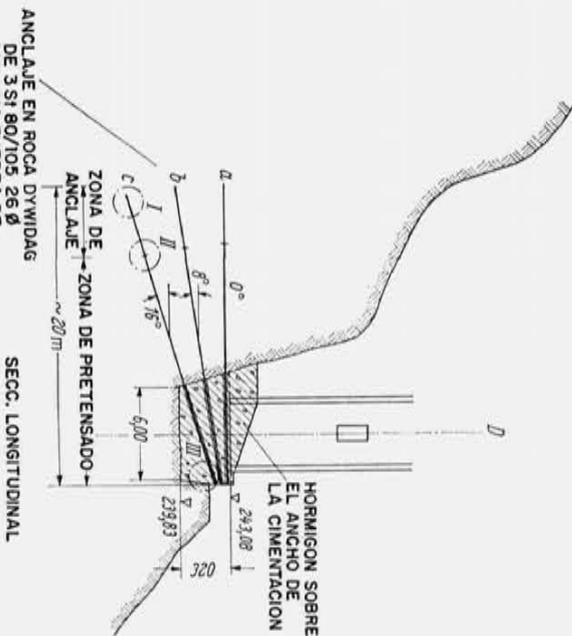
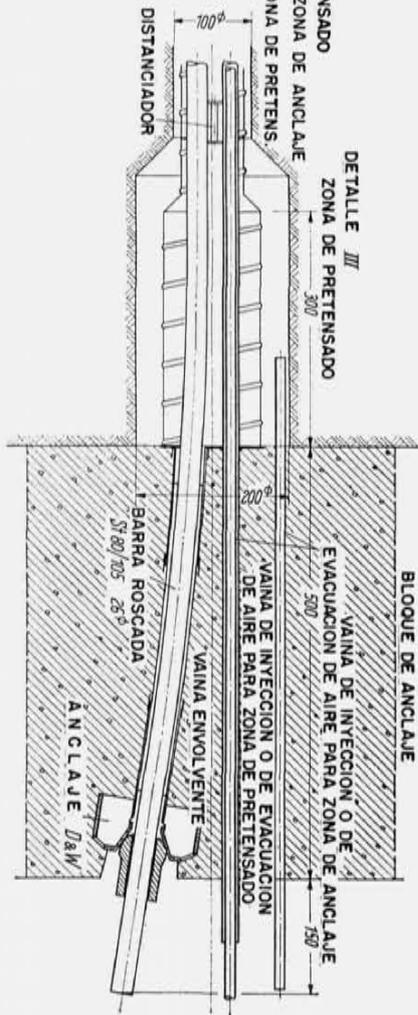
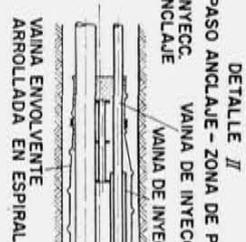
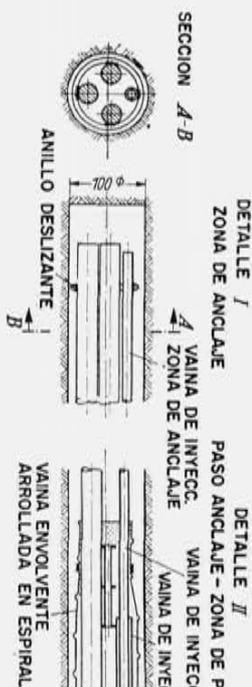
La citada placa ha sido pretensada en los dos sentidos, por el sistema Dywidag, mediante tirantes cruzados en ángulo recto, de acero Sigma St 80/105, de 32 mm de diámetro.

La junta de dilatación del tramo central *EF* está situada a 11,60 m de la pila *E*. Los esfuerzos transversales que actúan en ella son transmitidos, en el estado final de la construcción, a doce ménsulas de hormigón —en relieve respecto de la placa y debajo de ella—, sobre las que reposan apoyos móviles por rotación y deslizamiento, fabricados por la casa Maschinenfabrik Esslingen, que consisten, esencialmente, en una placa de tope y en una capa de nylon de 4 mm de espesor y 80 mm de anchura.

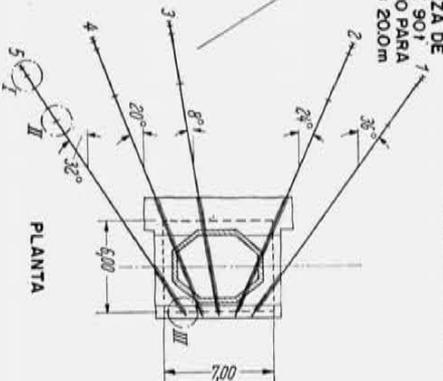
La unión de las dos partes de la calzada, a ambos lados de la junta, se ha realizado con auxilio de placas especiales de la casa Friedrich Maurer Soehne, de Munich, de unas 25 t en total, es decir, 2,5 kg por m² de superficie de puente.

Las pilas son de hormigón armado B 450, huecas, y la mayor alcanza casi los 100 m de altura. Miden exteriormente 4,80 × 5,80 m, con espesor de pared de 30-35 cm y son de sección horizontal octogonal y constante, lo que ha permitido el empleo de encofrados deslizantes.

detalle de pretensado



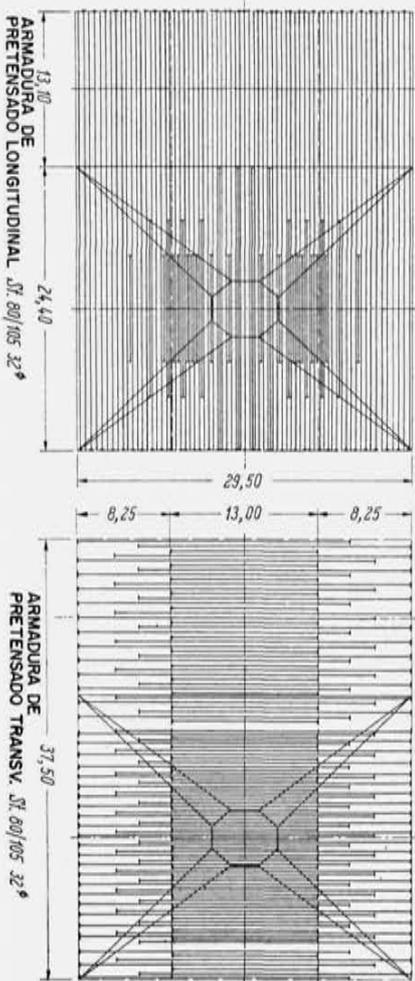
anclaje de la pila D



armaduras de pretensado



sección longitudinal por el eje del puente

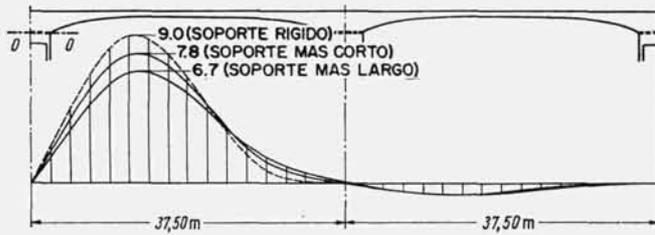


sección por el eje de la pila

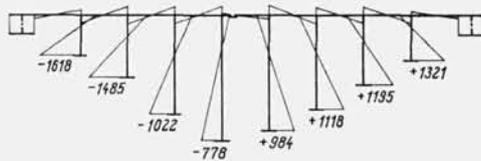


sección transversal por el centro del tablero

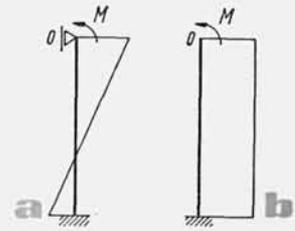




Líneas de influencia M_x en la cabeza de la pila (sección 0-0).



Momentos M_x en el sistema total a causa de un cambio de la temperatura en el cierre de + 250.

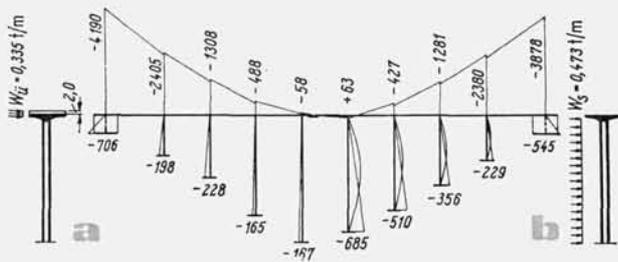


$$y_0^{(a)} = \frac{M \cdot l}{E \cdot J} \left(1 - \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2}\right) = \frac{M \cdot l}{E \cdot J} \cdot \frac{1}{4}$$

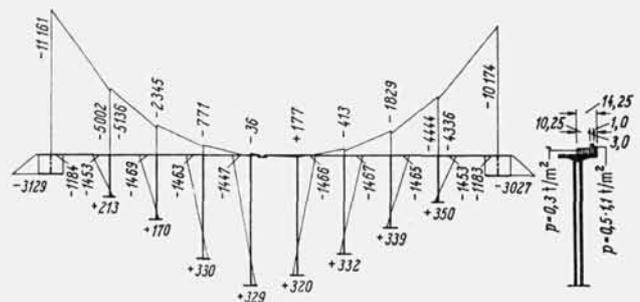
$$y_0^{(b)} = \frac{M \cdot l}{E \cdot J} = 4 y_0^{(a)}$$

Comparación de los ángulos de giro como consecuencia de un momento M :

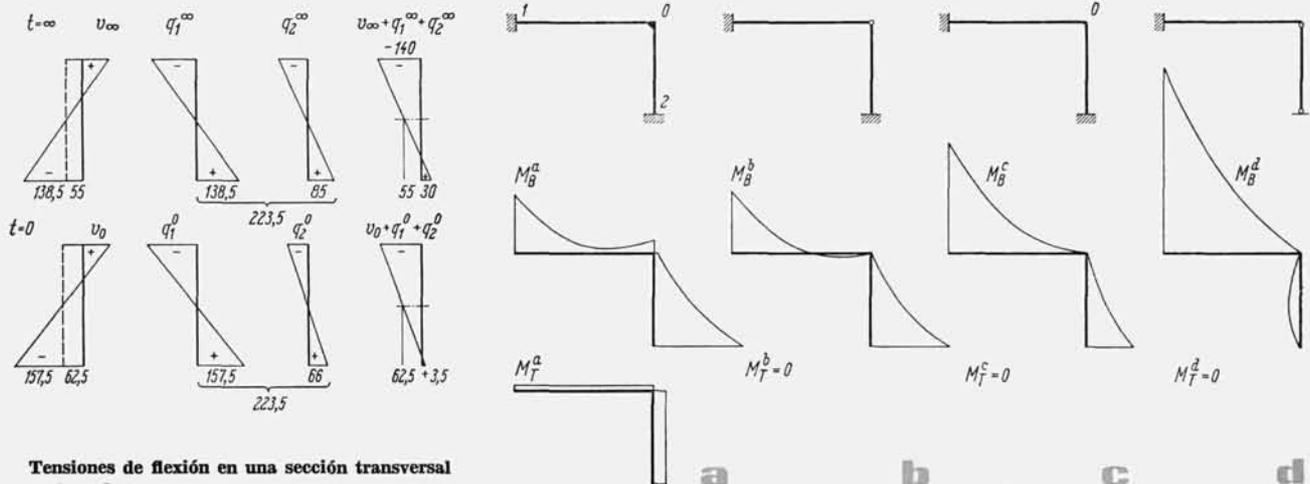
- De un soporte con esfuerzo de retención en la cabeza del soporte;
- De un soporte sin esfuerzo de retención en la cabeza del soporte.



- Momentos M_y en el sistema total a causa de viento sobre la superestructura cargada;
- Momentos M_y en el sistema total a causa de viento sobre los soportes de la superestructura cargada.

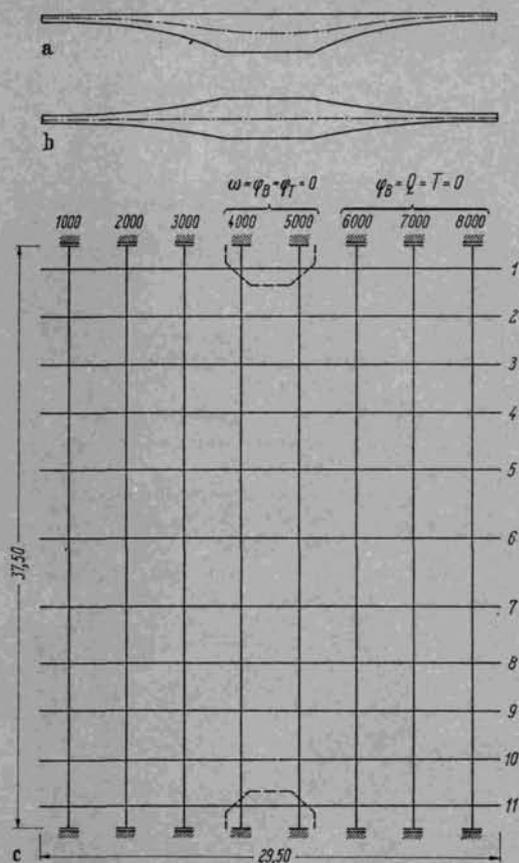


Momento M_y en el sistema total a causa de carga uniforme móvil unilateral.

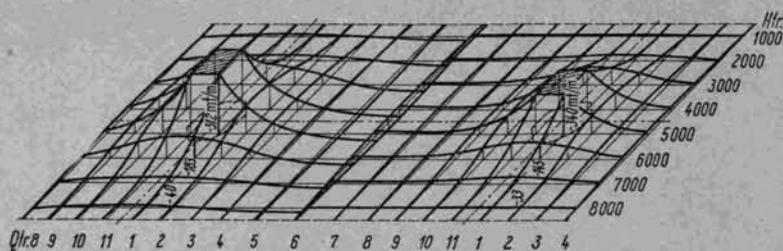


Tensiones de flexión en una sección transversal rectangular.

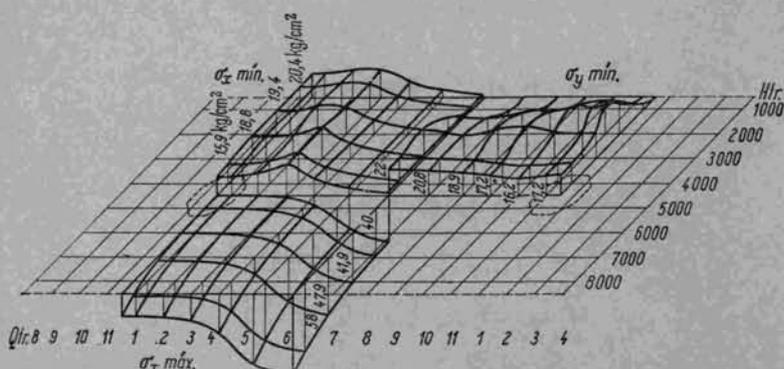
Momentos M_B y M_T en los emparrillados de vigas de a, b, c y d



- a. Sección transversal del hongo, con superficie central curvada;
- b. Sección transversal de la placa, con superficie central plana, en que se ha basado el cálculo del emparrillado de vigas;
- c. Emparrillado de vigas.



Momentos de flexión M_x y M_y a causa de g_1 en la placa del hongo (m · t/m).



Superficies límite de las tensiones de flexión σ_x y σ_y a causa de una carga móvil desfavorable (kp/cm²).

Los estribos son cajones cuadrados de 20,70 m de lado, en planta, y 70 cm de espesor de pared; la transversal posterior soporta, por mediación de una ancha placa de apoyo, una sobrecarga de balasto que tiene la misión de aplicar a las juntas de cimentación del estribo una presión tal que los esfuerzos cortantes ejercidos sobre las paredes de éste puedan ser llevados a los cimientos.

Tanto las pilas como los estribos se apoyan sobre la roca por medio de cimientos directos de 1,30 m de profundidad, con superficies de apoyo variables, desde 6×7 m para las pilas bajas a $7,50 \times 7,50$ m para las altas. El terreno resiste una compresión centrada de 15 kp/cm^2 . Al excavar en la roca, debajo de la pila D, se apreció una fisura continua, casi vertical y orientada en la dirección del eje del puente, próxima a una zona de disgregación, lo que obligó a anclar dicha pila en la roca sana por medio de doce anclajes Dywidag de 20 m, con 90 t de capacidad de carga en cada uno.



Distribución de las tensiones centradas de compresión, del hormigón, en la sección transversal total.

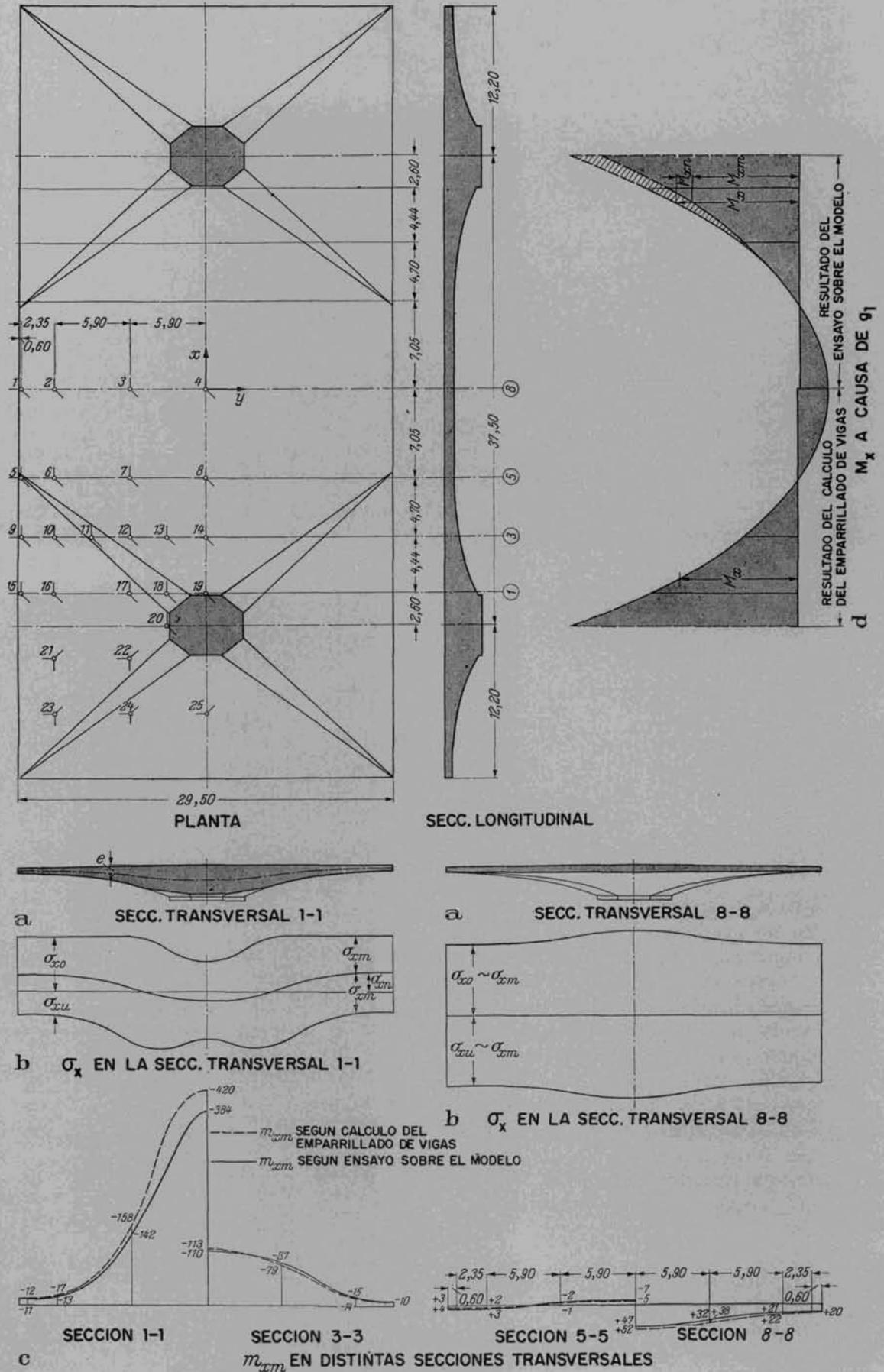
Resultados del ensayo sobre modelo:

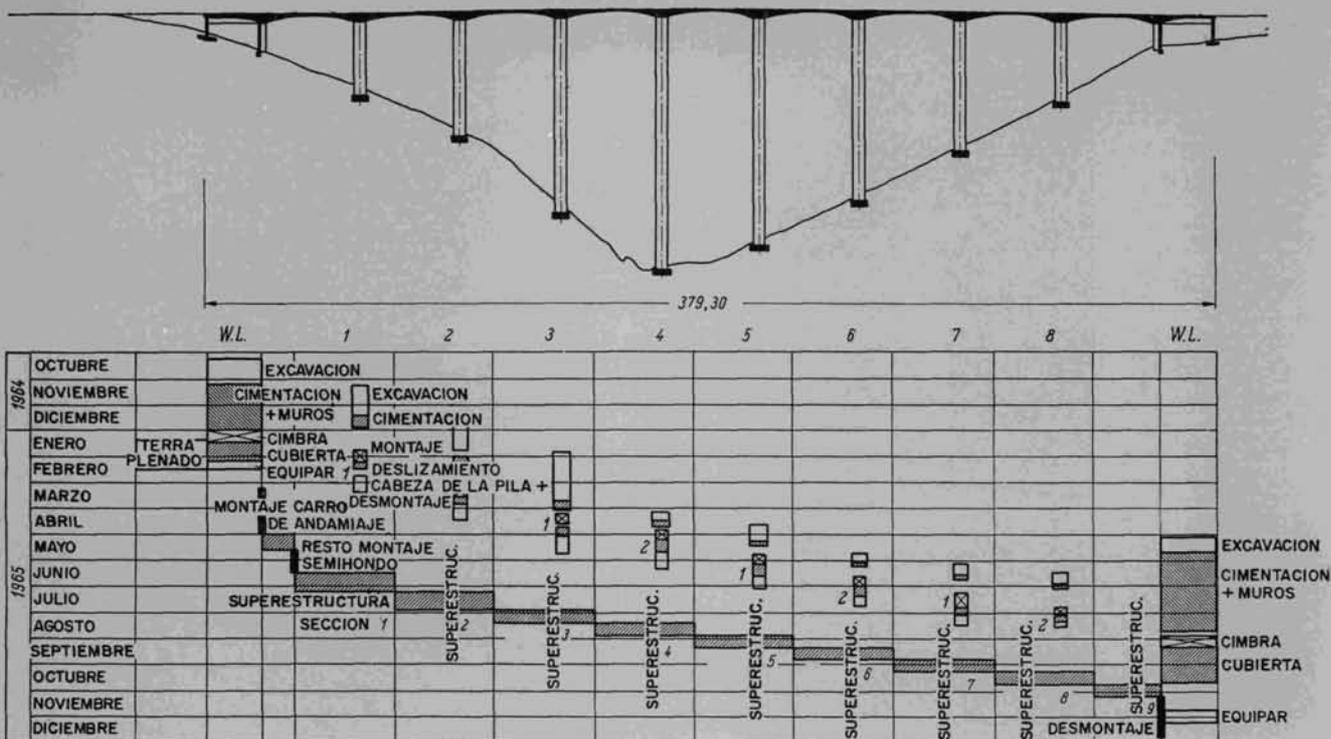
a. Planta, sección longitudinal y sección transversal del modelo;

b. Tensiones marginales longitudinales en las secciones transversales 1-1 y 8-8 en el caso de carga g_1 ;

c. Distribución de los momentos longitudinales m_{xm} en diferentes secciones transversales a causa de g_1 (comparación entre ensayo sobre el modelo y armadura del emparrillado de vigas);

d. Momentos longitudinales M_x a causa de g_1 (comparación entre ensayo sobre modelo y armadura del emparrillado de vigas).

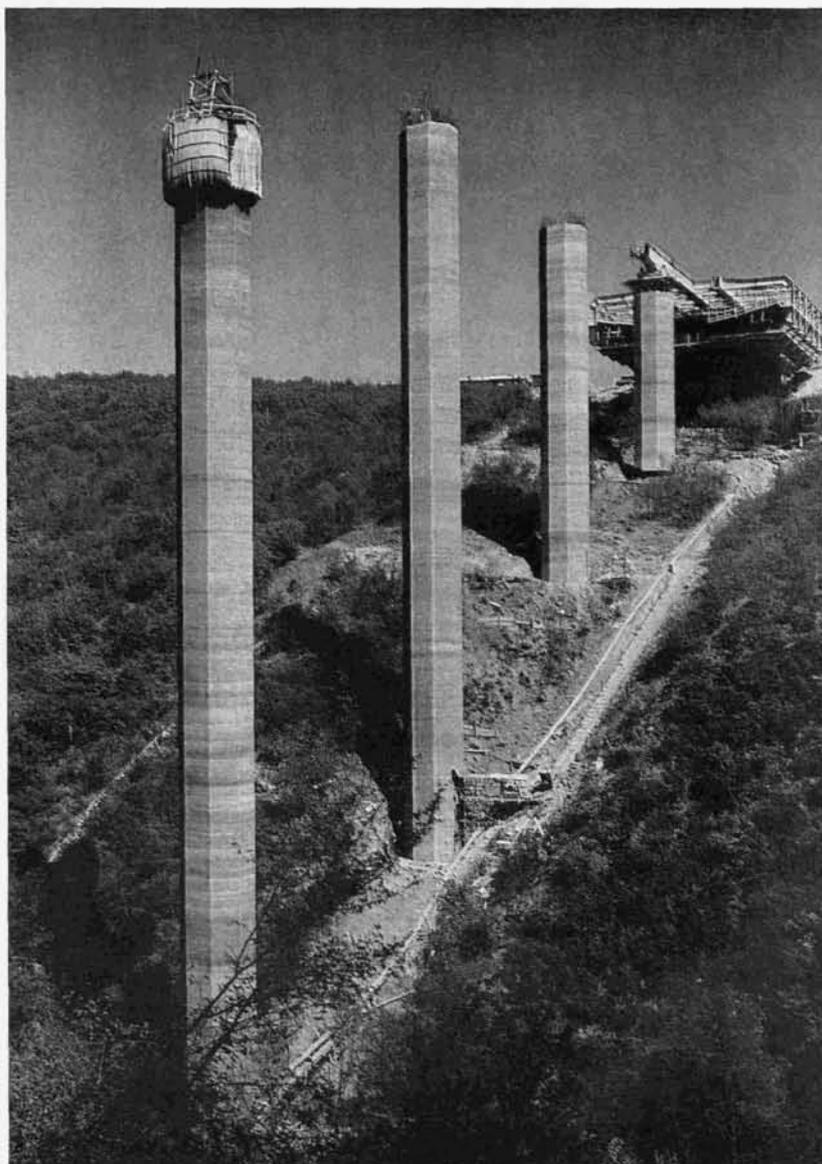




plan de obra

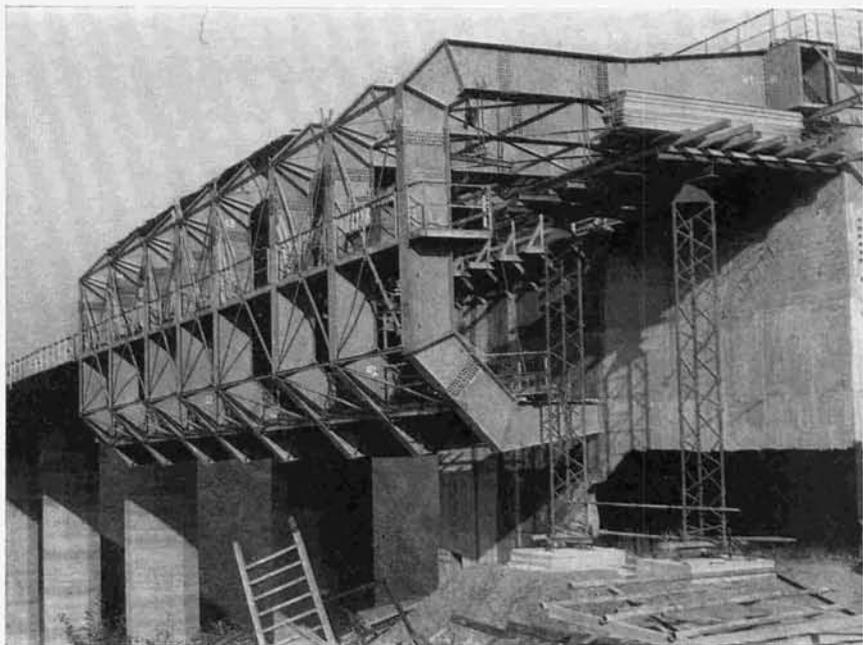
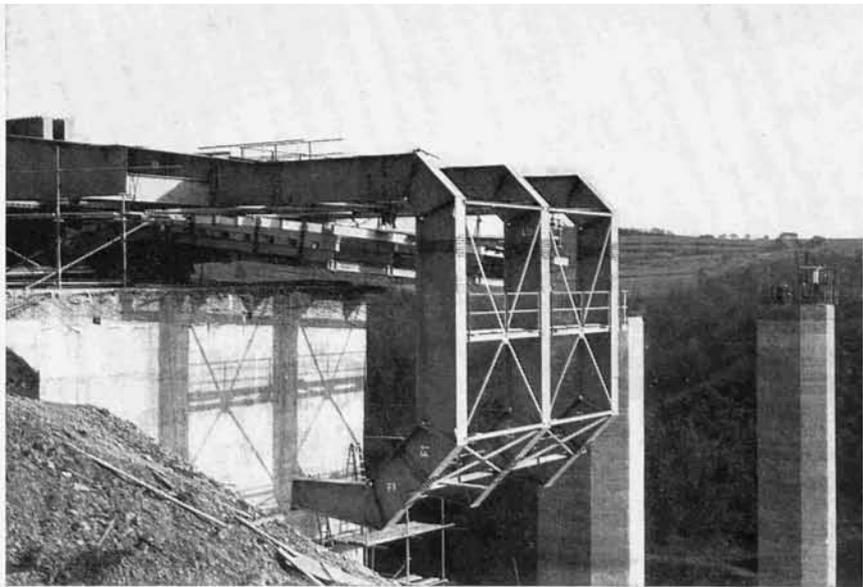
El conjunto formado por el tablero, los estribos y las pilas trabaja longitudinalmente, como un pórtico hiperestático de nudos fijos y, transversalmente, como una retícula de vigas con ménsulas. En consecuencia, las condiciones de rigidez entre apoyos y superestructura y en el interior de aquéllos están ajustadas de tal forma que todo el sistema se comporta satisfactoriamente bajo la acción de cargas verticales y horizontales.

Las dimensiones de la retícula de vigas, elástica a la flexión y a la torsión, han sido determinadas



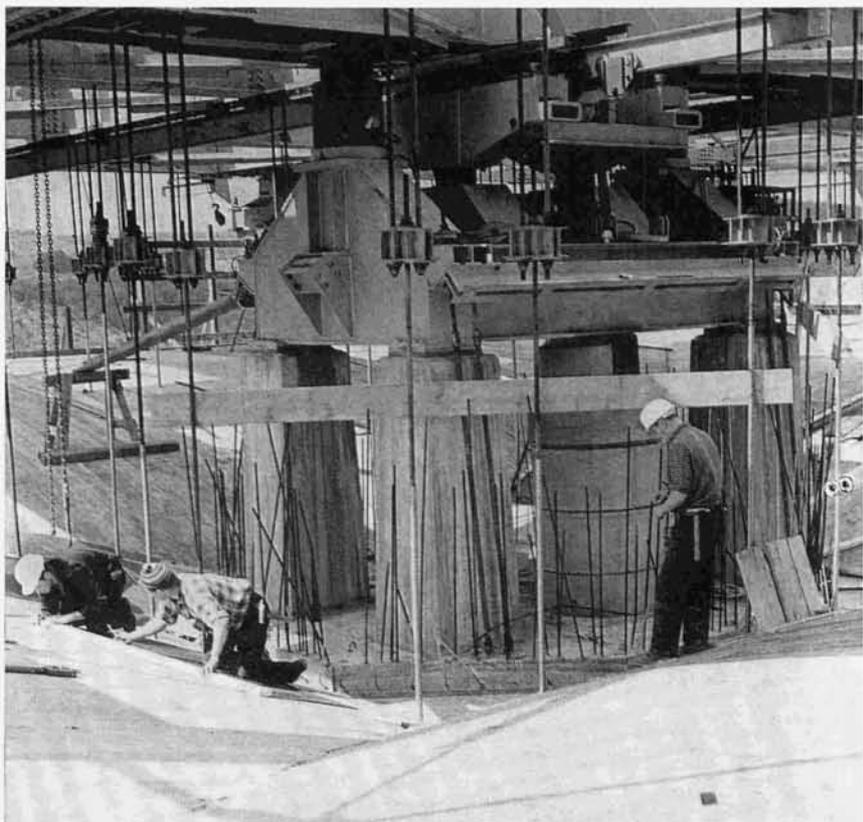
Montaje del carro de andamiaje sobre el estribo oriental.

El caballete central de apoyo del carro de andamiaje se halla encima de una de las pilas del puente sobre 4 dados de hormigón. El encofrado de la placa del hongo se fija a los travesaños superiores del carro mediante barras de suspensión.



con la ayuda de un ordenador electrónico para las cargas siguientes: peso propio del hormigón, otras cargas fijas, sobrecargas de tráfico —uniformes y concentradas— en el caso más desfavorable y ángulo de giro de los apoyos, debido a variaciones de temperatura. Los resultados obtenidos, previo examen de 15 casos de carga, han sido controlados mediante ensayos sobre modelo reducido de yeso, a escala 1 : 40, realizados por el profesor Ruesch en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Escuela Politécnica de Munich.

El plazo de construcción, que estaba previsto para 27 meses, ha podido abreviarse a 20 meses, a pesar de la larga pausa que impuso el invierno, gracias a: la instalación de una central de hormigonado en cada extremo de la obra, equipadas con todos los medios necesarios de transporte y bombeo; el empleo de dos encofrados deslizantes, del procedimiento Siem-

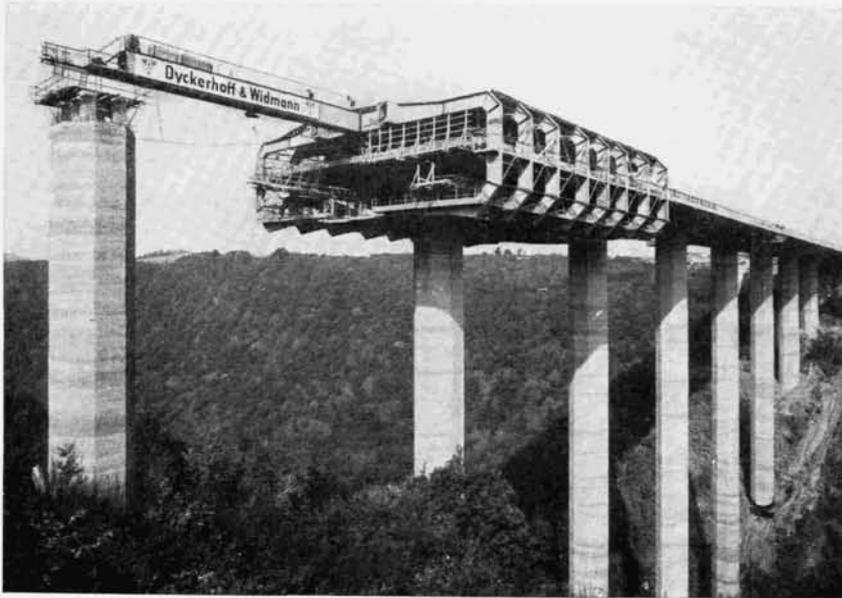


construcción

Este carro es desmontable, de 550 t, y permite que el personal trabaje a cubierto, cualesquiera que sean las condiciones atmosféricas, como en un verdadero taller de fabricación.

El calendario de obra tenía previsto un plazo de 3 semanas para cada tramo de 37,50 m; si bien se pudo reducir a dos y media, hormigonándose un total de 2.200 m² por mes y terminándose los trabajos en unos 20 meses.

crete de la Siemens Bauunion GmbH, con los que se han realizado los 480 m. l. de pilas, a base de piezas de 2 m, a razón de unos 8 m diarios; la utilización de un carro de montaje especial, adaptado a las condiciones de trabajo específicas de esta obra, para el hormigonado del tablero, tramo a tramo.

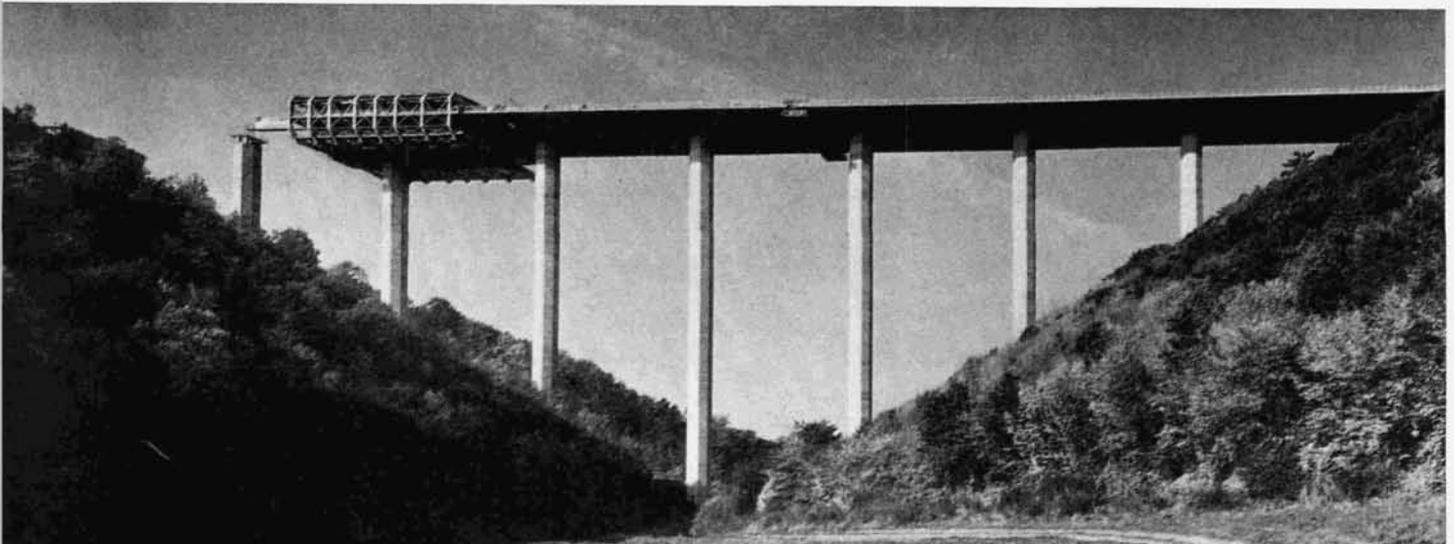


Datos numéricos interesantes:

hormigón vertido	16.000 m ³ ;
acero de construcción	740 t;
acero de pretensado	700 t;
superficie hormigonada	35.000 m ² .

El proyecto ha sido llevado a cabo por la empresa Dyckerhoff & Widmann AG, de Munich, y la obra fue realizada por un grupo de empresas compuesto por esta última, asociada a la Siemens Bauunion GmbH y la Wayss & Freytag KG. El profesor Kurt Hirschfeld, de Aix-la-Chapelle, ha llevado el control del proyecto y de los ensayos, en representación del Servicio de Puentes y Carreteras de Renania-Palatinado (distrito de Trèves).

El sistema está llamado a tener un gran éxito en el futuro, como lo demuestran las grandes ventajas de perfección y rapidez que se han apreciado en el corto plazo que ha mediado entre la construcción del puente Bendorf y el del Elz.



résumé ● summary ● zusammenfassung

Pont sur la vallée de l'Elz - République fédérale d'Allemagne

Ulrich Finsterwalder, Dr. ingénieur
Herbert Schambeck, ingénieur diplômé

Ce pont, situé à environ 30 km à l'ouest de Coblenz, franchit une profonde vallée. Cet ouvrage, de 380 m de long et 30 m de large, comprend un seul rang de piliers octogonaux creux, dont quelques-uns atteignent 100 m de hauteur. Ce pont, de dalle précontrainte, a été construit suivant le système Dywidag.

Dans cet article sont expliquées les caractéristiques constructives et statiques du projet.

Bridge over the Elz Valley - Western Germany

Ulrich Finsterwalter, Dr. Eng.
Herbert Schambeck, Eng. Dipl.

This bridge is some 30 km from Koblenz, and runs over a deep gully. It is 380 m long, 30 m wide, and rests on a single row of octagonal pylons, some of which are 100 m high. It has been constructed by successive overhangs. The article describes the project in detail, both constructively and aesthetically.

Brücke über das Elztal - Bundesrepublik Deutschland

Ulrich Finsterwalder, Dr. Ing.
Herbert Schambeck, Ing. Dipl.

Die Brücke liegt ungefähr 30 km westlich von Koblenz und überquert ein tiefes Tal. Das Bauwerk ist 380 m lang, 30 m breit und besitzt nur eine Pfeilerreihe (achteckige Pfeiler), von denen einige bis zu 100 m hoch sind. Die Brücke wurde im feldweisen Vorbau erbaut. In diesem Artikel werden die konstruktiven sowie ästhetischen Gesichtspunkte dieses Bauwerks erläutert.